

#2

DOCKET NO.: 257512US2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Laurent DISDIER et al.
 SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION
 FILED: HEREWITH
 INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/FR03/00919
 INTERNATIONAL FILING DATE: March 24, 2003
 FOR: TWO-DIMENSIONAL IONISING PARTICLE DETECTOR

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
 AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents
 Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
France	02 03749	26 March 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/FR03/00919. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
 OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
 MAIER & NEUSTADT, P.C.

Corwin Paul Umbach

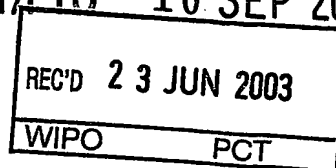
Marvin J. Spivak
 Attorney of Record
 Registration No. 24,913
 Surinder Sachar
 Registration No. 34,423
 Corwin P. Umbach, Ph.D.
 Registration No. 40,211

Customer Number

22850

(703) 413-3000
 Fax No. (703) 413-2220
 (OSMMN 08/03)

Best Available Copy



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 JAN. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété Industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 26 MARS 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0203749 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 26 MARS 2002 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B13889.3/PR UD 213			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) DETECTEUR BIDIMENSIONNEL DE PARTICULES IONISANTES.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public de caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	31-33 rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

26 MARS 2002

LIEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0203749

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 260899

Vos références pour ce dossier : (facultatif)		B13889.3/PR UD 213	
6 MANDATAIRE			
Nom		RICHARD	
Prénom		Patrick	
Cabinet ou Société		BREVATOME 422.5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		7068 du 12.06.98	
Adresse	Rue	3 rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01.53.83.94.00	
N° de télécopie (facultatif)		01.45.63.83.33	
Adresse électronique (facultatif)		brevets.patents@brevaalex.com	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Sulte», indiquez le nombre de pages jointes			

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE**
(Nom et qualité du signataire)

P. Richard

**VISA DE LA PRÉFECTURE
OU DE L'INPI**

M. BLANCANEUX

DETECTEUR BIDIMENSIONNEL DE PARTICULES IONISANTES

Domaine technique et art antérieur.

L'invention concerne un détecteur
5 bidimensionnel de particules ionisantes.

L'invention s'applique, par exemple, au domaine de l'imagerie de particules à fort pouvoir de pénétration.

L'imagerie de particules à fort pouvoir de
10 pénétration (par exemple les neutrons rapides ou les rayons gamma) requiert des détecteurs ayant une bonne résolution et un pouvoir d'arrêt élevé.

De tels détecteurs sont utilisés, par exemple, dans la fusion de deutérium (DD) ou d'un mélange de
15 deutérium (D) et de tritium (T) par confinement inertiel à l'aide de laser de puissance. La fusion de ces isotopes de l'hydrogène se produit dans un volume de dimension caractéristique 50 μm . La réaction nucléaire de fusion s'accompagne de la libération d'un
20 neutron rapide de 14,1 MeV pour un mélange DT ou de 2,45 MeV pour un mélange DD. Les neutrons rapides ont un libre parcours suffisant pour sortir du combustible. L'image neutronique permet de localiser la zone où brûlent les isotopes de l'hydrogène. L'image
25 neutronique ou l'image gamma sont formées soit par un sténopé, soit par une ouverture codée telle qu'un diaphragme de pénombre ou un anneau. Des détecteurs à forte efficacité de détection et capables de localiser le point d'interaction de la particule sont nécessaires
30 à l'enregistrement de cette image.

A ce jour, les détecteurs bidimensionnels de

particules ionisantes sont réalisés en assemblant des milliers de fibres à scintillateur plastique, chaque fibre ayant une longueur comprise typiquement entre 1 et 10 cm et constituant un pixel du détecteur. Un tel
 5 détecteur est représenté aux figures 1A et 1B. Un ensemble de fibres 2 à scintillateur plastique sont maintenues dans un cylindre 1. Chaque fibre à scintillateur plastique 2 a un diamètre D sensiblement égal, par exemple, à 1mm.

10 Une fibre à scintillateur plastique est représentée en figure 2. Elle est constituée d'un barreau de scintillateur plastique 3 à haut indice de réfraction (typiquement de l'ordre de 1,6) entouré d'une gaine 4 d'indice optique inférieur (typiquement
 15 de l'ordre de 1,5). Les particules incidentes à détecter P (neutrons, rayonnement gamma) ont une trajectoire parallèle à l'axe de la fibre et déposent leur énergie dans le scintillateur plastique. Il y a création d'ions de recul I et une fraction de l'énergie
 20 déposée est convertie en photons primaires Ph1, puis en photons secondaires Ph2 et tertiaires Ph3. Les photons tertiaires Ph3 constituent une lumière de scintillation visible qui est guidée jusqu'à une extrémité de la fibre où une image est enregistrée à l'aide d'un
 25 détecteur CCD (CCD pour « Charge Coupled Device »). Plusieurs centimètres de fibre sont nécessaires pour détecter efficacement des particules très pénétrantes comme les neutrons rapides.

Pour des longueurs de fibres supérieures au
 30 centimètre, cette technologie limite le diamètre minimal des fibres à environ 0,5 mm.

De plus, il est connu que l'échantillonnage d'une image limite la résolution ultime dans la source à deux fois la taille d'un pixel divisé par le grandissement du système d'imagerie. En l'occurrence, 5 le grandissement d'un système d'imagerie doit donc être de l'ordre de 200 pour obtenir des résolutions spatiales inférieures à la taille de la source, par exemple des résolutions de l'ordre de 5 μm . L'instrument de mesure s'étend alors sur des distances 10 importantes qui peuvent être supérieures à une dizaine de mètres.

Par ailleurs, la réalisation d'un détecteur est obtenue par l'assemblage fastidieux de plusieurs milliers de pixels un à un. Il en résulte des 15 imperfections dans l'arrangement régulier des pixels. De plus, le manque de rigidité des fibres à scintillateur plastique et leur dilatation importante ne permet pas de garantir une colinéarité précise entre chaque fibre.

20 D'autre part, l'interaction des neutrons rapides dans un scintillateur plastique est dominée par la diffusion élastique sur l'hydrogène. Ainsi, les ions de recul I déposent-ils leur énergie sur un cylindre de diamètre typique 1 mm lorsque les particules incidentes 25 (neutrons, rayonnement gamma) ont une énergie de 14,1 MeV. Une autre limitation de la résolution spatiale dans la source est donc la largeur du dépôt d'énergie (diamètre du cylindre) divisée par le grandissement.

30 Ainsi, la technologie de fabrication des détecteurs bidimensionnels selon l'art connu limite-t-

elle les performances des instruments dans lesquels sont implantés ces détecteurs. Par exemple, dans une matrice de fibres à scintillateur plastique de diamètre 0,5 mm, la résolution spatiale du détecteur de neutrons
5 est limitée à 1,4 mm pour des neutrons de 14,1 MeV et à 1 mm pour des neutrons de 2,45 MeV.

L'invention ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

10 Exposé de l'invention

En effet l'invention concerne un détecteur bidimensionnel de particules ionisantes comprenant une matrice de fibres détectrices, chaque fibre détectrice constituant un pixel du détecteur et comprenant un
15 scintillateur pour émettre une lumière de scintillation, caractérisé en ce que chaque fibre détectrice est constituée d'un capillaire de verre rempli de scintillateur liquide dont la composition chimique est choisie de façon que le libre parcours
20 moyen de photons de scintillation primaire soit négligeable devant le diamètre du capillaire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures
25 jointes parmi lesquelles :

- la figure 1A représente un détecteur bidimensionnel de particules ionisantes selon l'art antérieur ;

- la figure 1B représente une vue de détail de
30 la figure 1A ;

La figure 2 représente l'interaction de

particules ionisantes à détecter dans une fibre à scintillateur plastique selon l'art antérieur ;

- la figure 3 représente un détecteur bidimensionnel de particules ionisantes selon un mode
5 de réalisation préférentiel de l'invention.

Sur toutes les figures les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

Description détaillée de modes de mise en œuvre de
10 l'invention.

La figure 3 représente un détecteur bidimensionnel de particules ionisantes selon l'invention.

Le détecteur bidimensionnel selon l'invention
15 comprend une matrice de capillaires 6 remplis de scintillateur liquide. La matrice de capillaires 6 est placée dans une cuve 5. Les capillaires ont, par exemple, un diamètre moyen d inférieur ou égal à 500 μm pouvant atteindre, par exemple, 20 μm . L'indice de
20 réfraction du verre des capillaires est, par exemple, de 1,49. Le parallélisme des capillaires est inférieur à 100 micro-radian. La trajectoire des particules incidentes est parallèle à l'axe des capillaires.

Le scintillateur liquide a, par exemple, un
25 indice de réfraction de 1,57. La composition chimique du scintillateur liquide est choisie pour que les photons de scintillation primaire aient un libre parcours moyen négligeable devant le diamètre du capillaire. Les photons de scintillation primaire
30 induits dans le solvant ont, par exemple, une longueur d'onde de 300 nm.

Le scintillateur liquide est soit un scintillateur liquide binaire, soit un scintillateur liquide ternaire. Dans le premier cas, le scintillateur liquide comprend un premier composant scintillateur qui absorbe les photons UV de scintillation primaire pour émettre une émission secondaire de plus grande longueur d'onde, par exemple 370 nm. Dans le second cas, le scintillateur liquide comprend, outre le premier composant, un deuxième composant scintillateur qui absorbe l'émission secondaire émise par le premier composant pour émettre à son tour à une longueur d'onde comprise entre 400 nm et 500 nm, par exemple 420 nm. Dans les deux cas, l'indice de réfraction du liquide scintillateur et l'indice de réfraction du verre qui constitue le capillaire sont choisis pour guider la lumière de scintillation vers une extrémité de sortie du capillaire.

Le solvant qui compose le capillaire est, par exemple, du PXE (PXE pour phenyl-o-xylylethane). A titre d'exemple non limitatif, le scintillateur liquide binaire a une résolution spatiale de 6 μm et émet à 370 nm et le scintillateur liquide ternaire a une résolution spatiale de 7 μm et émet à 420 nm. Les scintillateurs binaire et ternaire peuvent ainsi être, par exemple, les composants commercialisés respectivement sous les références EJ-399-05C2 et EJ-399-05C1.

Préférentiellement, le scintillateur liquide contient du deutérium. L'utilisation de deutérium permet avantageusement de diminuer d'un facteur 2 la longueur de la zone de dépôt d'hydrogène du scintillateur et par

de son point d'interaction. Le liquide peut également contenir une solution de lithium ou d'un élément de masse atomique supérieure au lithium. Par ailleurs, l'émission de scintillation voit son intensité divisée
 5 par le facteur e ($e \approx 2,71828$) en quelques nano-secondes. Cette propriété permet de sélectionner la bande d'énergie des neutrons par temps de vol. Cette propriété permet également de différencier les neutrons des photons qui accompagnent généralement la production
 10 des neutrons. De par sa nature, le scintillateur binaire présente un temps de montée de quelques dizaines de pico-secondes. Cette propriété est essentielle, par exemple, pour les applications de cinématographie ultrarapide subnanoseconde.

15 La cuve 5 comprend une première paroi 7 munie d'un hublot de verre transparent à la longueur d'onde de scintillation et une deuxième paroi 8, située en face de la deuxième paroi, et faite d'un miroir réfléchissant à cette longueur d'onde. Dans la cuve,
 20 les capillaires sont placés entre le hublot et le miroir et leur axe est perpendiculaire au miroir et au hublot. Les particules à détecter pénètrent dans le détecteur par le miroir. La lumière de scintillation est recueillie par le hublot 7. Cette lumière étant
 25 émise de manière isotrope, la fraction de lumière émise qui part vers le miroir est réfléchiée par celui-ci et renvoyée vers le hublot de sortie.

Sur les parois supérieure et inférieure de la cuve, qui sont des parois parallèles à l'axe des
 30 capillaires, des membranes élastiques respectives 9 et 10 absorbent les dilatations thermiques du

scintillateur.

La matrice de détecteurs présente, par exemple, une section de l'ordre de $100 \times 100 \text{ mm}^2$ et une épaisseur E qui peut aller de 10 à 50 mm. Elle est réalisée d'un
5 seul bloc par assemblage multiple de macro faisceaux contenant des faisceaux élémentaires. Cette technique permet de réaliser des détecteurs monolithiques de grande section. La matrice de capillaires est
10 préférentiellement réalisée sur une épaisseur bien supérieure à l'épaisseur désirée de manière à assurer une bonne colinéarité entre capillaires (par exemple inférieure à $100 \mu\text{radians}$).

Un exemple numérique de réalisation d'un détecteur utilisé pour acquérir l'image neutronique
15 d'une capsule de 1 mm de diamètre, remplie de deutérium et implosée par un laser de 30 kJ est donné ci-après. La matrice de capillaires est un pavé de 100 mm de côté et de 50 mm d'épaisseur. Chaque capillaire a un diamètre de $250 \mu\text{m}$. Le scintillateur liquide, d'indice
20 optique 1,57, contient du deutérium à 98 %. Son efficacité de scintillation est de 80 % par rapport à l'anthracène et sa constante de décroissance est de 3 ns. La cuve, en acier inoxydable, est fermée par un miroir et un hublot en verre. Quatre membranes
25 élastiques permettent la dilation thermique du scintillateur.

REVENDEICATIONS

1. Détecteur bidimensionnel de particules ionisantes comprenant une matrice de fibres détectrices, chaque fibre détectrice constituant un pixel du détecteur et comprenant un scintillateur pour émettre une lumière de scintillation, caractérisé en ce que chaque fibre détectrice est constituée d'un capillaire de verre rempli de scintillateur liquide dont la composition chimique est choisie de façon que le libre parcours moyen de photons de scintillation primaire soit négligeable devant le diamètre du capillaire (d).

2. Détecteur bidimensionnel selon la revendication 1, caractérisé en ce que le scintillateur liquide est un scintillateur liquide binaire.

3. Détecteur bidimensionnel selon la revendication 1, caractérisé en ce que le scintillateur liquide est un scintillateur liquide ternaire.

4. Détecteur bidimensionnel selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le scintillateur liquide comprend du PXE pour solvant.

5. Détecteur bidimensionnel selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le scintillateur liquide contient du deutérium.

6. Détecteur bidimensionnel selon l'une

quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les capillaires ont un diamètre compris entre 20 et 500 μ m et une longueur comprise entre 10 et 50mm et en ce que la matrice de capillaires présente une
5 section sensiblement égale à 100x100 mm².

7. Détecteur bidimensionnel selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les capillaires sont placés dans une cuve
10 comprenant une première paroi (7) munie d'un hublot de verre transparent à la longueur d'onde de la lumière de scintillation et une deuxième paroi (8) située en face de la première paroi (7) et faite d'un miroir réfléchissant à ladite longueur d'onde, les particules
15 ionisantes pénétrant dans le détecteur par le miroir.

8. Détecteur bidimensionnel selon la revendication 7, caractérisé en ce que la cuve comprend des parois supérieure et inférieure qui comprennent des
20 membranes élastiques (9, 10) pour absorber des dilatations thermiques.

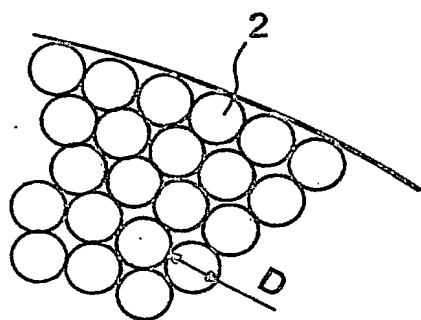


FIG. 1B

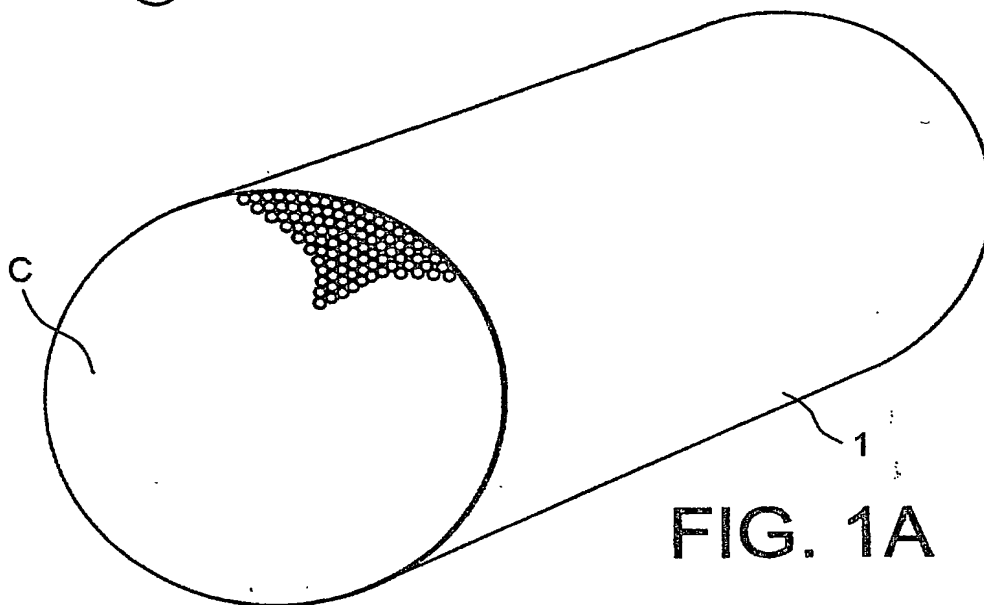


FIG. 1A

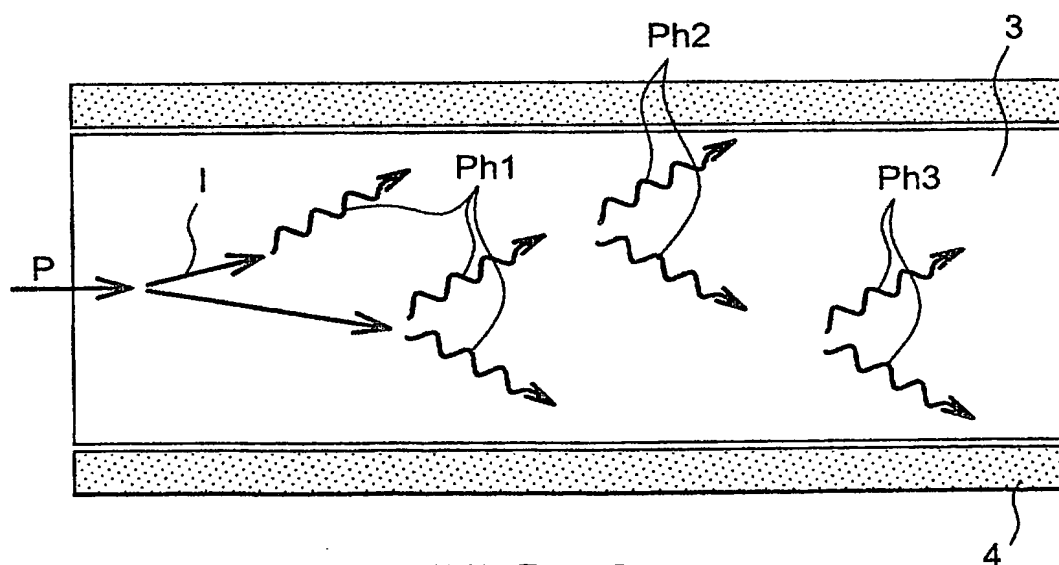


FIG. 2

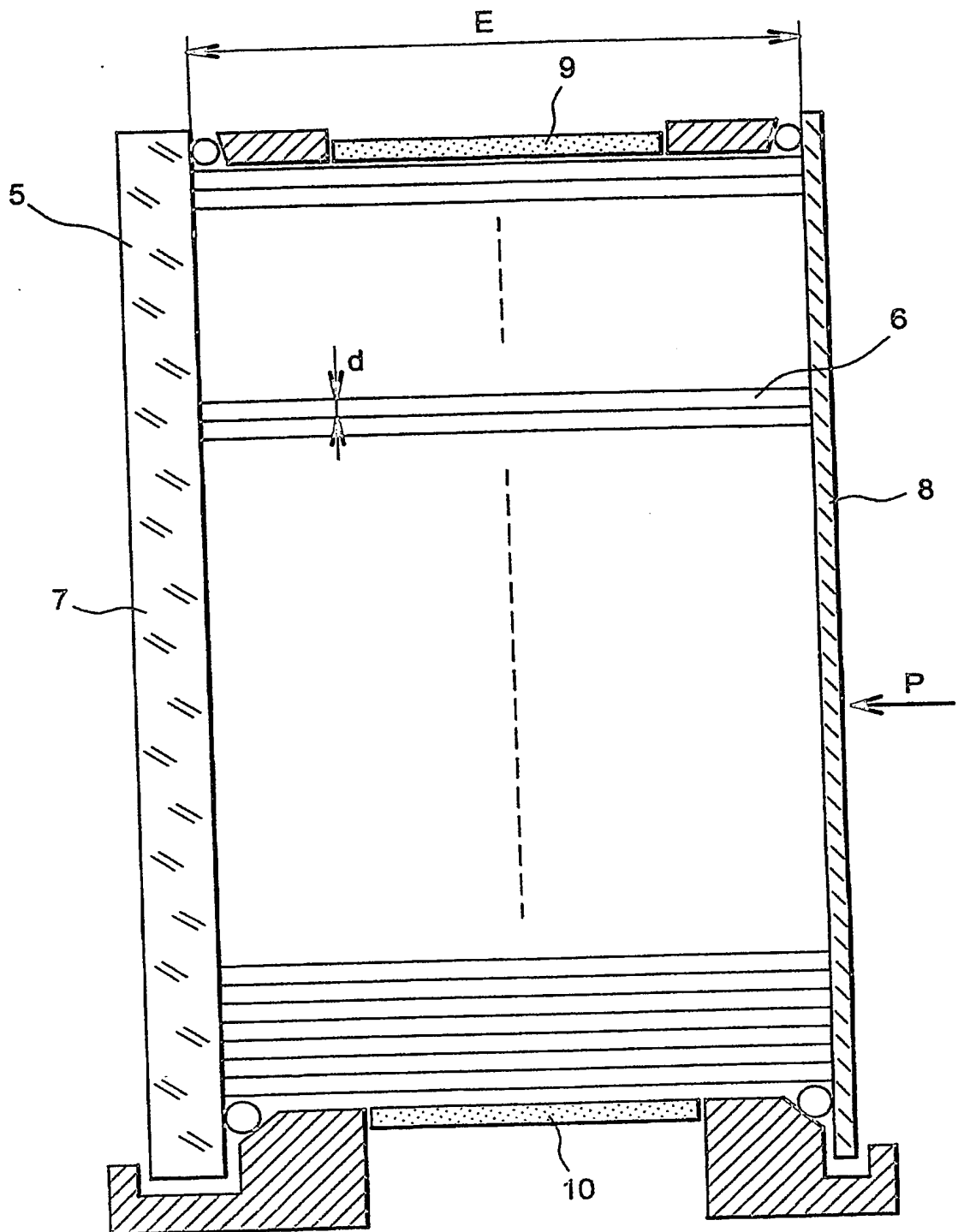


FIG. 2

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1./1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /26099

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 13889.3/PR UD213	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0203769	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DETECTEUR BIDIMENSIONNEL DE PARTICULES IONISANTES.			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		FEDOTOFF	
Prénoms		Alexandre	
Adresse	Rue	14 Sente des vignes	
	Code postal et ville	91530	SAINT CHERON
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		DISDIER	
Prénoms		Laurent	
Adresse	Rue	8 rue de l'Etang	
	Code postal et ville	78470	SAINT- REMY LES CHEVREUSE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
PARIS LE 26 MARS 2002			
P. RICHARD <i>P. Richard</i>			
422-5/002			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.